

УДК 581.543.3

## **ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА ПОЛЫНИ МЕТЕЛЬЧАТОЙ (*ARTEMISIA SCOPARIA* WALDST. ET KIT.) В РАЗНЫЕ ФЕНОФАЗЫ**

**С.В. Жигжитжапова<sup>1</sup>, Е.П. Дыленова<sup>1,2</sup>, Т.Э. Рандалова<sup>2</sup>,  
Л.Д. Раднаева<sup>1,2</sup>, Ж.А. Тыхеев<sup>1,2</sup>, И.А. Павлов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Байкальский институт природопользования Сибирского отделения  
Российской академии наук, Улан-Удэ

<sup>2</sup> Бурятский государственный университет, Улан-Удэ

В данной статье представлены данные по исследованию компонентного состава эфирного масла полыни метельчатой в зависимости от фенологической фазы растения. Проведен сравнительный анализ методом МГК образцов из Бурятии (собственные данные) с образцами из Крыма (РФ) и Ирана (данные литературы). Выявлено, что наибольшим разнообразием соединений выделяется фаза вегетации.

**Ключевые слова:** *полынь метельчатая, эфирное масло, фенофазы.*

**Введение.** Полынь метельчатая *Artemisia scoparia* Waldst. Et Kit. (семейство Астровые – *Asteraceae*) – евроазиатский аридный вид (Коробков и др., 2015), который широко применяется в народной медицине как желчегонное, улучшающее пищеварение, при изжоге, кашле, неврастении, эпилепсии, головной боли. Эфирное масло оказывает положительное действие при мочекаменной и желчекаменной болезнях (Телятьев, 1985).

Химический состав эфирного масла полыни метельчатой описан для популяций из различных стран. В тоже время имеются только две статьи, в которых приведен состав эфирных масел полыни метельчатой в различные фенологические фазы растений: одна статья посвящена растениям Ирана (провинция Хорасан) (Mirjalili et al., 2007), вторая – растениям, произрастающим в Крыму (Khodakov, Kotikov, 2009).

Сведений же о фенологических изменениях химического состава эфирных масел полыни метельчатой флоры Бурятии нет, поэтому исследование эфирного масла представляется актуальной задачей.

**Методика.** Сырье для получения эфирного масла собирали в ходе экспедиционных работ в 2015 г. в одной и той же популяции (Бурятия, Иволгинский район, залежь в предгорьях Ганзурина хребта), но в разные фенофазы. Гербарные образцы хранятся в совместной лаборатории химии природных систем Байкальского

института природопользования СО РАН и Бурятского государственного университета.

Эфирное масло получали методом гидродистилляции из воздушно-сухого сырья. Компонентный состав масла определяли методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Agilent Packard HP 6890 N с квадрупольным масс-спектрометром (HP MSD 5973) в качестве детектора и газовом хроматографе Agilent 7890B с масс-спектрометром типа тройной квадруполь 7000C. Использовалась 30-метровая кварцевая колонка HP-5 MSD с внутренним диаметром 0,25 мм. Процентный состав эфирного масла вычисляли по площадям газо-хроматографических пиков без использования корректирующих коэффициентов. Качественный анализ основан на сравнении времен и индексов удерживания, а также полных масс-спектров, библиотеки хромато-масс-спектрометрических данных летучих веществ растительного происхождения (Ткачев, 2008), NIST14.

Данные по компонентному составу эфирного масла с целью визуализации были обработаны методом главных компонент (МГК-анализ, программный пакет Sirius version 6.0, Pattern Recognition Systems, a/s, Норвегия).

**Результаты и обсуждение.** В эфирных маслах, выделенных из надземной части полыни метельчатой в разные фенофазы, идентифицировано более 100 соединений. Наибольшим разнообразием входящих в состав эфирных масел соединений выделяется фаза вегетации. Тринадцать терпеновых соединений –  $\gamma$ -терпинен, терпинеол-4, лимонен,  $\alpha$ -пинен,  $\beta$ -пинен,  $\beta$ -фарнезен, гермакрен D, d-кадинен, салвиал-4(14)-ен-1-он, кариофиллен и его оксид, спатуленол,  $\alpha$ -копаен - идентифицированы во все изученные фенофазы. Их количественное содержание в масле изменяется. Например, содержание кариофиллена в фазу вегетации составляет 4,76%, в фазу бутонизации возрастает в 2 раза и остается на этом уровне в фазы цветения и плодоношения. Содержание салвиал-4(14)-ен-1-она и  $\alpha$ -копаена во все фенофазы примерно одинаково и составляет около 1% (таблица).

Содержание остальных идентифицированных соединений колеблется от следовых до значительных величин. Так, в фазу начала вегетации среди доминирующих компонентов обнаружены  $\beta$ -мирцен, зингиберен,  $\gamma$ -кадинен, аморфен, в фазы начала вегетации и плодоношения - *транс*- $\beta$ -оцимен, в фазы бутонизации и цветения (E,Z)- $\alpha$ -фарнезен, *ar*-куркумен, в фазу плодоношения  $\gamma$ -куркумен. Перечисленные соединения в другие фазы развития не обнаружены или их содержание минимально.

Т а б л и ц а

Состав образцов эфирных масел *Artemisia scoparia* Waldst. Et Kit.  
разных стадиях фенологического развития

Компоненты	RI	Фенофаза, содержание компонентов в % от цельного масла,			
		начало вегетации*	бутонизация**	цветение** *	плодоношение*** *
Ациклические монотерпены					
β-мирцен	991	6,64	1,80		0,94
цис-β-оцимен	1038	0,68	2,12	0,74	
транс-β-оцимен	1048	7,72			5,05
нерилацетат	1366	0,84			0,17
Моноциклические монотерпены					
α-терпинен	1017	0,83	0,44		
п-цимол	1024	1,71	4,72		3,39
лимонен	1028	5,96	3,06	0,55	3,05
1,8-цинеол	1031	0,39	0,44		
γ-терпинен	1058	3,89	2,84	0,47	2,13
терпинолен	1088	0,67	0,17		0,13
терпинеол-4	1177	2,05	0,56	0,49	0,44
α-терпинеол	1191	0,51	0,28		
карвакрол	1302	0,06	0,74		
Бициклические монотерпены					
α-пинен	932	3,2	4,52	0,42	3,40
камфен	947	0,11	0,2		
β-пинен	975	3,39	2,58	0,45	3,52
камфора	1144	2,47	0,38		
Ациклические сесквитерпены					
β-фарнезен	1458	1,78	3,32	4,57	3,58
неролидол	1491		1,23	2,55	1,31
(E,E)- α-фарнезен	1510		0,62	0,88	
(E,Z)- α-фарнезен	1535	0,82	6,18	11,64	
Моноциклические сесквитерпены					
гумулен	1456	0,72	0,71	0,57	
гермакрен D	1484	3,06	16,42	39,75	19,7
α-куркумен	1485		6,91	5,80	
β-бисаболон	1506	1,00			0,93
герма-4(15),5,10(14)-триен-1-ол	1688	0,66		1,46	1,92
Бициклические сесквитерпены					
кариофиллен	1422	4,76	9,91	10,98	9,59
бициклогермакрен	1500	2,82			1,26
γ-кадинен	1517	4,78	0,52		
δ-кадинен	1527	1,43	1,36	1,68	0,9
салвидиенол	1555	0,40			1,13
кариофиллен оксид	1586	1,00	8,55	2,72	5,86
салвиал-4(14)-ен-1-он	1598	0,54	1,26	0,96	1,15
Т-кадинол	1643			0,56	1,26
α-кадинол	1658	0,98		1,31	
Трициклические сесквитерпены					
α-копаен	1378	1,14	1,07	0,95	1,18
β-копаен	1432	0,53			0,23
италицен эфир	1544			0,74	0,52
спатуленол	1580	1,81	8,15	4,06	6,37
Ароматические соединения					
эвгенол	1359	0,11			0,12

Также в составе масла идентифицированы:

\* ациклические монотерпены – розфуран (0,16%), линалоол (0,47%), (E)-4,8-диметилнона-1,3,7-триен- (0,04%), α-камфоленаль (0,05%), цитронеллол (0,69%), гераниол (0,23%), цитронеллилацетат (0,47%), геранилацетат (1,24%); моноциклические монотерпены – α-фелландрен (0,07%), мента-1,3,8-триен (0,03%), м-цимен-8-ол (0,12%), пиперитол (0,17%), карвеол (0,12%), карвон (0,08%); бициклические монотерпены – туйен-3 (0,08%), сабинен (0,87%), пинокарвон (0,09%), борнеол (1,36%), миртенол (0,31%), борнилацетат (0,42%); ациклический сесквитерпен – 2E,6Z-фарнезол (0,29%); моноциклические сесквитерпены – β-элемен (0,13%), изогермакрен D (0,29%); зингегберен (5,03%), β-куркумен (0,21%), α-бисаболон (0,29%); бициклические сесквитерпены – бициклоэлемен (0,54%), γ-аморфен (11,65%), Т-муролол (1,04%), α-кадинен (0,09%), юнеол (0,29%), минтсульфид (0,28%); трициклические сесквитерпены – кубебен (0,12%), β-кубебен (0,3%), аромандендрен (0,13%), аллоаромандендрен (0,17%), изоспатуленол (0,34%); алифатическое соединение – пентадекен (0,49%); фенилпропанонид – метилэвгенол (0,32%)

\*\* моноциклический монотерпен – β-терпинилацетат (0,26%); бициклический монотерпен – миртеналь (0,3%); бициклический сесквитерпен – α-муролон (0,25%); алифатическое соединение – (Z)-гекс-3-енил-3-метилбутаноат (0,21%)

\*\*\* трициклический сесквитерпен – аромандендрен эпоксид (0,53%)

\*\*\*\* моноциклические сесквитерпены – элемен изомер (0,15%), γ-куркумен (10,26%); бициклический сесквитерпен – α-санталол (1,59%); трициклический сесквитерпен – 7-эписилфиперфол-5-ен (0,19%), леден оксид (II) (1,59%).

Различия в наборе компонентов и их содержании в масле в разные фазы могут быть объяснены как за счет образования новых функциональных органов, в клетках которых синтезируется дополнительный набор веществ (Королюк и др., 2002), так и могут быть связаны с их экологической функцией. Так, обращает на себя внимание, что в фазу вегетации идентифицирован большой ассортимент соединений с аллелопатическими (пинены, камфора, карвон и др.), антибактериальными (терпинеол-4,  $\gamma$ -терпинен, 1,8-цинеол и др.) и оказывающие влияние на поведение насекомых (*цис*-, *транс*- $\beta$ -оцимен, лимонен,  $\beta$ -мирцен, зингеберин и др.) свойствами. С переходом в фазу бутонизации большинство из них не обнаруживаются, или их содержание уменьшается. Одновременно усиливается накопление в эфирном масле сесквитерпеновых соединений, прежде всего гермакрена D. Сесквитерпеноиды ( $\beta$ -фарнезен, кариофиллен оксид, гумулен, муrolен, спатуленол и др.), обладая антифидантными, репеллентными, антирадикальными, антиоксидантными свойствами являются не только защитными соединениями растений, но и участвуют в регуляции внутриклеточных процессов (Кинтя и др., 1990; Племенков, 2007).



Р и с у н о к. Метод главных компонент. Биплот (ГК1-ГК3) данных группового анализа по структурным типам компонентов эфирных маслах полыни метельчатой в разные фенофазы: квадратами обозначены собственные, окружностью – литературные данные (Mirjalili et al., 2007; Khodalov, Kotikov, 2009).



По составу основных компонентов эфирные масла *A. scoparia* делят на три хемотипа (Жигжитжапова и др., 2015). Как ранее было отмечено, в литературе имеются сведения о составе эфирных масел в различные стадии развития для растений, произрастающих в Иране и в Крыму. Эфирное масло из Ирана (Mirjalili et al., 2007), относится к хемотипу, содержащему монотерпеновые и ароматические соединения, из Крыма (Khodakov, Kotikov, 2009) – содержащему ацетиленовые соединения, в настоящей статье – к третьему хемотипу, содержащие монотерпеновые и сесквитерпеновые соединения в качестве основных компонентов, что иллюстрирует биоплот (ГК1-ГК-2), полученный на основе анализа методом главных компонент данных по групповому составу составляющих эфирных масел (рисунок). Но несмотря на принадлежность эфирных масел полыни метельчатой разным хемотипам, в составе масел имеется шесть соединений идентифицированных хотя бы на одной из фенофаз, и поэтому мы можем считать их общими для трех популяций:  $\beta$ -мирцен, линалоол, 1,8-цинеол,  $\alpha$ -пинен, сабинен, *транс*- $\beta$ -фарнезен.

Эфирные масла из разных регионов содержат соединения, имеющие одинаковое структурное строение. Например, в эфирных маслах полыней из Бурятии и Крыма происходит накопление фенилпропаноидов, в частности эвгенола и его производных. В образцах из Ирана не обнаружен  $\beta$ -пинен, однако идентифицирован хризантенилацетат, который также является представителем пинановых монотерпенов. Если в растениях из Бурятии и Ирана обнаружен гермакрен D, то в растениях из Крыма – гермакрен B. Основными компонентами эфирного масла из Ирана являются туйановые монотерпены ( $\alpha$ - и  $\beta$ -туйоны, туй-3-ен-10-аль), в образцах из Бурятии, но также идентифицирован представитель этой группы – туйен-3. Многообразие идентифицированных соединений в составе масла определяется множественностью вторичных путей окисления терпенов при сохранении общего направления биосинтеза соединений.

**Заключение.** Исследован состав эфирных масел, выделенных из надземной части полыни метельчатой флоры Бурятии, в разные фенофазы. Тринадцать терпеновых соединений идентифицированы во все изученные фенофазы. Их количественное содержание в масле изменяется. В начале вегетации растения синтезируют вещества монотерпеновой природы, образующие внешний барьер в атмосфере.

### Список литературы

- Жигжитжапова С.В., Рандалова Т.Э., Раднаева Л.Д. 2015. Компонентный состав эфирного масла полыни метельчатой (*Artemisia scoparia* Waldst. et Kit.), произрастающей в Бурятии и Монголии // Химия растительного сырья. №1. С. 69-75.
- Кинтя П.К., Фадеев Ю.М., Акимов Ю.А. 1990. Терпеноиды растений. Кишинев: Штиинца. 151 с.
- Коробков А.А., Галанин А.В., Беликович А.В. 2015. Флора Даурии. Т. VI (Asteraceae). Находка: Институт технологии и бизнеса. 228 с.
- Королюк Е.А., Покровский Л.М., Ткачев А.В. 2002. Химический состав эфирного масла представителей рода *Gallatella* Cass. (Asteraceae Dumont) из Западной Сибири // Химия растительного сырья. №1. С. 5–18.
- Племенков В.В. 2007. Химия изопреноидов. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. 322 с.
- Семенов А.А. 2000. Очерки химии природных соединений. Новосибирск: Наука. 664 с.
- Телятьев В.В. 1985. Полезные растения Центральной Сибири. Иркутск: Восточно-Сибирское книжное издательство. 384 с.
- Ткачев А.В. 2008. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск. 969 с.
- Khodakov G.V., Kotikov I.V. 2009. Component composition of essential oil from *Artemisia annua* and *A. scoparia* // Chemistry of Natural Compounds. V. 6. P. 909-912.
- Mirjalili M.H., Nejad Ebrahimi S., Sonboli A., Tabatabaei S.M.F., Hadian J. 2007. Phenological Variation of the Essential Oil of *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit from Iran // J. Essent. Oil Res. V. 19. P. 326-329.

### **ARTEMISIA SCOPARIA WALDST. ET KIT. ESSENTIAL OIL CONSTITUENTS CHANGE BETWEEN VARIOUS PHENOPHASES**

**S.V. Zhigzhitzhapova<sup>1</sup>, E.P. Dylanova,<sup>1,2</sup> T.E. Randalova<sup>2</sup>,  
Zh.A. Tykheev<sup>1,2</sup>, L.D. Radnaeva<sup>1,2</sup>, I.A. Pavlov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Baical Institute of Nature Management Siberian branch RAS, Ulan-Ude

<sup>2</sup>Buryat State University, Ulan-Ude

We present data of *Artemisia scoparia* essential oil composition in relation to the plant phenological stage. A comparative analysis of the samples from Buryatia (own data), samples from Crimea (Russia) and Iran (literature data) was carried out by PCA method. We found that the phase of vegetation has the largest variety of oil compositions.

**Keywords:** *Artemisia scoparia*, essential oil, phenological phase.

*Об авторах:*

ЖИГЖИТЖАПОВА Светлана Васильевна – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории химии природных систем, ФГБУН Байкальский институт природопользования Сибирского отделения РАН, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6; e-mail: Zhig2@yandex.ru.

ДЫЛЕНОВА Елена Петровна – аспирант, инженер лаборатории химии природных систем, ФГБУН Байкальский институт природопользования Сибирского отделения РАН, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6; ассистент кафедры фармации, ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», 670000, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а; e-mail: edylenova@mail.ru.

РАНДАЛОВА Туяна Эрдемовна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармации, ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», 670000, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а; e-mail: soktoevate@gmail.com

РАДНАЕВА Лариса Доржиевна – доктор химических наук, профессор, заведующая лабораторией химии природных систем, ФГБУН Байкальский институт природопользования Сибирского отделения РАН, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6; заведующая кафедрой фармации, ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», 670000, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а; e-mail: radld@mail.ru.

ТЫХЕЕВ Жаргал Александрович – аспирант лаборатории химии природных систем, ФГБУН Байкальский институт природопользования Сибирского отделения РАН, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6; лаборант дирекции медицинского института, ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет», 670000, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а; e-mail: gagarin199313@gmail.com

ПАВЛОВ Игорь Артурович – кандидат фармацевтических наук, научный сотрудник лаборатории химии природных систем, ФГБУН Байкальский институт природопользования Сибирского отделения РАН, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6; e-mail: pavlov.binm@gmail.com.

Жигжитжапова С.В. Изменения состава эфирного масла полыни метельчатой (*Artemisia scoparia* Waldst. et Kit.) в разные фенофазы / С.В. Жигжитжапова, Е.П. Дыленова, Т.Э. Рандалова, Л.Д. Раднаева, Ж.А. Тыхеев, И.А. Павлов // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2018. № 2. С. 159-165.